Vol. 12 - LA SCIENZA DEL POPOLO 1869 - N. 31
Raccolta di letture scientifiche popolari in Italia

BIBLIOTECA a C.i 25 IL VOLUME

IL VAPORE

LETTURA

tenuta nel R. Istituto Industriale e Professionale di Modica

DAL

Prof. A. M. BUSTELLI

CON DUE INCISIONI

MILANO
E. TREVES, Editore della BIBLIOTECA UTILE

1869

IL VAPORE

SOMMARIO

I. Introduzione: ragione e divisione dell'argomento.
II. Vapore acqueo: sue principali proprietà fisico-meccaniche.
III. Il vapore considerato come motore industriale: cenni storici sulle macchine a vapore.
IV. Riassunto e conclusione.

I.

Signori,

Nessuno di voi ignora le mirabili conquiste fatte dalla Fisica associata alla Meccanica, delle quali va tanto superba la nostra età. L'importanza che esse hanno a'nostri giorni per gl'immensi vantaggi che arrecano è tale, che eziandio il popolo, restituito oggi a'suoi naturali e civili diritti, deve

non solo conoscerle di nome, ma rendersene ragione. Ognuno di voi infatti arrossirebbe se ignorasse che cosa sia un parafulmine, un telegrafo, una macchina a vapore, e via discorrendo: chiunque arrossirebbe vedendo sopra il suo capo i fili d'un telegrafo e sconoscendone l'ufficio. Per tali riflessioni mi son proposto di seguire il nobile esempio dato da molti miei colleghi in parecchie città, trattenendovi con alcune conferenze popolari nella spiegazione dei più grandiosi fenomeni e nella conoscenza dei più importanti ritrovati. Secondo l'opinione sensata di alcuni moderni scrittori, ogni scienza ha una parte accessibile anche a coloro i quali non hanno altra coltura se non quella indispensabile pel cittadino onesto ed operatore. È in essa che, rapporto alla Fisico-Meccanica, si troveranno i soggetti delle mie letture.

Prima di venire all'oggetto su cui ho pensato oggi intrattenervi, è necessario che in questa prima lezione vi ponga innanzi il quadro ragionato delle diverse serie di argomenti che ci dovranno occu-

pare in questo Corso. Nel mondo fisico v'è un primo ordine di cognizioni riguardante le ragioni di alcuni fatti, o, come si dice, *fenomeni;* quali sono, per esempio, il fulmine, il tuono, l'arco-baleno, e simili. V'è un second'ordine di notizie relativo all'apprezzamento dei fenomeni e alla loro valutazione quantitativa, il quale dà luogo agli *strumenti;* quali sono il barometro, il termometro, la bussola e simiglianti. Finalmente un terz'ordine di cognizioni comprende i congegni atti ad utilizzare le forze, sia muscolari, sia fisiche o chimiche, cioè le *macchine:* col mezzo, per esempio, di quella macchina semplicissima che voi conoscete sotto il nome di carriuola, la forza muscolare dell'uomo che la spinge viene utilizzata allo scopo di trasportar materiali. Vedete adunque che le più importanti cognizioni che voi dovrete acquistare si riferiranno a' tre seguenti capi: *fenomeni*, *istrumenti, macchine.* A procedere pertanto dal semplice al composto, dal facile al difficile, io dovrei muovere nella lezione di oggi dal presentarvi qualcuno dei principali fenomeni, e darvene la spiegazione.

Ma, come è mio intendimento di corredare ciascuna lettura degli opportuni esperimenti, perchè le cognizioni che voi acquisterete vi tornino al tempo stesso utili e piacevoli, e persistano nella vostra mente; così, trovandosi finora in questo Gabinetto Fisico-Meccanico completa, rapporto alla vostra intelligenza, la sola serie delle macchine, ho pensato di mandare innanzi la trattazione di queste, deviando dall'ordine che sarebbe stato naturale seguire. E tra le varie macchine prenderò le mosse dalle *macchine a vapore,* siccome quelle che ai nostri giorni hanno usi svariati e vantaggiosissimi presso tutte le civili nazioni.

Sembrerebbe forse che nel parlarvi delle macchine a vapore io dovessi esordire dal mostrarvi con lungo discorso gl' immensi vantaggi che apportano al ben essere materiale e civile. Ma siccome oggimai non può esservi persona tanto volgare da sconoscerli, così passo innanzi.

Tutte le macchine a vapore, sia quelle che, dette *fisse*, si adoperano massimamente negli stabilimenti industriali, sia le altre

che, dette *locomotive*, servono pei viaggi terrestri e marittimi, hanno questo di caratteristico, che la forza utilizzata è quella di cui trovasi dotato ne'vari gradi il vapore che si svolge dall'acqua. Come dunque vedete, nelle macchine a vapore si trae profitto da una forza residente nella stessa natura materiale, surrogandola, con evidente vantaggio dell'economia industriale, alle forze muscolari degli uomini e delle bestie. Queste sono state esclusivamente adoperate per lunghissimo tempo, fino a che la Fisica e la Meccanica hanno rinvenuto il mezzo di sostituir loro le grandi forze che in determinate condizioni si destano nei corpi. Non crediate che la forza del vapore sia la sola tra queste. L'industria ha saputo trarre utile partito altresì dalle forze dell'aria, dell'acqua, dei corpi elettrizzati e di altre specie di materia. E quando io testè vi prometteva che in questo Corso vi avrei a suo tempo parlato delle principali macchine cotanto utili alle odierne industrie e ai bisogni dell'uomo socievole, alludevo precisamente a quelle nelle quali le

forze motrici sono somministrate dalla stessa natura materiale.

Per procedere con un certo ordine nella presente conferenza è mestieri ch'io vi dica come intendo di circoscrivere e di dividere l'enunciatovi argomento. Capite benissimo che sarebbe impossibile in una sola lezione tenervi discorso di tutte le macchine a vapore, volendo anche considerarle dai soli lati più importanti. Quest'oggi ho fissato d'intrattenervi sul *vapore considerato come motore industriale.* Siffatta trattazione, che è fondamentale per le speciali conoscenze sulle macchine a vapore, comprenderà eziandio le *principali proprietà fisico-meccaniche del vapore acqueo,* ed alcuni *cenni storici sulle macchine a vapore.*

II.

Versate acqua in un vase, e, conservandolo *aperto,* lasciatelo liberamente esposto all'aria. Quali che sieno le condizioni di calore dell'aria, dell'acqua e dei corpi circostanti, voi osserverete da un giorno

all'altro una graduale depressione della superficie libera dell'acqua nel vase, e dopo un certo tempo più o meno lontano vedrete il vase completamente vuoto d'acqua. In questo esperimento semplicissimo l'acqua, che a poco a poco scompare dal vase, diventa estremamente rarefatta, e perciò invisibile come l'aria, ed acquista una tale leggerezza da poter salire nell'atmosfera e confondervisi. L'acqua ridotta in tale stato prende il nome di *vapore acqueo*. Eccovi pertanto il fatto semplicissimo della produzione del vapore, fatto da voi tutti certamente conosciuto, ma forse inosservato. Esaminiamolo nelle varie sue circostanze, per formarci una giusta idea del vapore qual forza motrice. Il vapore acqueo prodotto dall'esperimento che poco fa v'indicai è dotato di una tendenza o forza ad espandersi, detta appunto *tensione, forza espansiva, forza elastica*. Cotesta tensione non vi si rende certamente sensibile nel citato esperimento; ma se vi piace di porla in evidenza, variate progressivamente le circostanze dell'esperimento nel modo se-

guente. Riprendete quel vase pieno d'acqua, e riscaldatelo. Di mano in mano che il riscaldamento cresce, il vapore vi si renderà visibile; e vi accorgerete della sua sempre più rapida e copiosa produzione: vi si renderà in pari tempo sensibile la sua crescente tensione. Difatti superiormente alla superficie libera dell'acqua vedrete una corrente continua e sempre più densa di vapore, la quale col suo moto ascendente nell'aria ve ne mostrerà la tensione, che vi apparirà crescente col continuo riscaldamento dell'acqua. Il vapore acqueo visibile in questa seconda esperienza dicesi *allo stato vescicolare,* perchè in certo qual modo apparisce costituito da una serie continua di sottilissime pellicole acquee, ognuna delle quali è ripiena d'aria mista a vapore invisibile, simile a quello del primo esperimento, e detto propriamente *allo stato di tensione* (1). Dovete rassomigliare queste

(1) Per la costituzione del vapore acqueo allo stato vescicolare ho preferito l'ipotesi di considerarlo come una serie continua di vescichette, ciascuna delle quali risulti di un velo liquido racchiudente aria umida, all'altra, nella quale il vapore è costituito da una serie discontinua di minime goccie liquide separate da aria umida. Entrambe

vescichette, per la loro costituzione, a quelle bolle che per trastullo formano i fanciulli col soffiare in un cannello intinto nell'acqua saponata: il sottile involucro di ogni bolla, costituito di acqua e sapone, tiene il posto della vescichetta acquea, e il fiato interno della bolla quello dell'aria mista a vapore. Mi preme che intendiate bene la diversità dei due stati di vapore. Ne' primi istanti della sua produzione il vapore è invisibile, qualunque sia il grado di riscaldamento, e vien subito fornito di una tensione crescente col riscaldamento stesso da una produzione all'altra. In virtù di questa tensione il vapore invisibile sale nell'aria. Di mano in mano che ascende incontra spazi sempre più freddi; e conseguentemente le varie sue particelle si condensano esteriormente in pellicole visibili, dentro le quali resta una minima quantità di aria mista a vapore invisibile. È quest'ultimo che colla sua tensione spinge in alto le vescichette, e dà così movimento alla corrente di vapore.

queste ipotesi si prestano alla spiegazione dei fenomeni. Mi è paruto per altro che in una lettura popolare si presti ancor meglio la prima. Per questo l'ho preferita, sebbene ai moderni Fisici sembri più probabile la seconda.

Col continuo ascendere di questa corrente il vapore invisibile di ciascuna vescichetta va sempre più diminuendo, mentre s'ingrossa la pellicola; e va anche diminuendo la tensione, sino a che, imbattendosi il vapore in uno spazio abbastanza freddo, ogni vescichetta si condensa interamente, si liquefà, e il vapore aderisce ai corpi circostanti in forma di uno strato discontinuo di goccie d'acqua. Osserverete questo fenomeno collocando la vostra mano al disopra di un bicchiere contenente acqua calda: sentirete la mano bagnata, e la vedrete ricoperta di un sottilissimo strato d'acqua. In estate avrete osservato che le pareti esteriori di un bicchiere ripieno d'acqua assai fredda si ricuoprono di un velo sottilissimo: è il vapore acqueo dell'aria condensato pel raffreddamento. Potrei citarvi un'infinità di simili fatti, che cadono comunemente sotto i nostri sensi. Da quanto vi ho detto non penerete a convincervi 1.° che la tensione del vapore è propria esclusivamente del suo stato d'invisibilità; 2.° che essa va crescendo col riscaldamento.

Ora capirete perchè tale stato del vapore acqueo dicasi *di tensione.*

Premesse queste facili nozioni sulla tensione del vapore acqueo, debbo farvi conoscere in qual modo si è pervenuto a far crescere la tensione del vapore al punto da poterne profittare qual forza motrice nelle macchine. L'esperienza ha fatto vedere che, riscaldando sino alla *ebollizione* l'acqua contenuta in un vaso aperto e liberamente esposto all'aria, la tensione del vapore che si svolge va continuamente crescendo, fino a che dal principio della ebollizione a tutta la durata di questa la tensione del vapore equivale, come si dice, alla *pressione di una atmosfera.* Voi sapete senza dubbio che cosa sia quel fenomeno che dicesi *ebollizione.* Solete dire che l'acqua *bolle* appena vi accorgete di un rapido ed intestino movimento nell'acqua, della continua produzione di bolle, e di quel particolare fremito che udite. Quando si avverano questi tre fenomeni, costituenti il fenomeno complesso dell'ebollizione, nell'interno dell'acqua si svolge rapidamente

il vapore, il quale per la sua tensione ascende insieme a quel po' d'aria che trovavasi imprigionata tra le particelle dell'acqua: ha luogo così la formazione continua di bolle, che, aprendosi a contatto dell'aria esteriore, fanno sentire quel fremito prolungato. Procurate ora di comprendere il significato della equivalenza tra la tensione del vapore e la pressione di un' atmosfera. Vi è noto che l'*atmosfera*, cioè la massa d'aria che ci circonda, esercita una pressione contro i corpi tendente a schiacciarli, pressione che in determinate circostanze può rendersi sensibile. Siffatta pressione è gagliarda, sebbene tale non apparisca. Se volete acquistarne un'idea completa, immaginate una tavola della estensione superficiale di un metro quadrato, e supponetela caricata di un peso complessivo di circa diecimila chilogrammi. Ebbene, l'atmosfera sopra ogni metro quadrato di superficie dei corpi esercita appunto quella stessa pressione che sulla supposta tavola eserciterebbe il predetto peso. E per conseguenza sopra una su-

perficie maggiore o minore di un metro quadrato l'atmosfera eserciterà una pressione proporzionalmente maggiore o minore di diecimila chilogrammi. Adesso comprenderete che s' intenda quando si dice che la tensione del vapore acqueo dal principio della ebollizione dell' acqua a tutta la durata del fenomeno vale una atmosfera. Pertanto la tensione del vapore che continuamente si svolge prima della ebollizione varrà sempre meno di un' atmosfera. Si sono costruite apposite tavole, nelle quali sono registrati in frazioni di un'atmosfera i valori che la tensione del vapore va continuamente acquistando coi successivi gradi di riscaldamento, fino a quello che è richiesto dalla ebollizione dell'acqua.

Quel che merita particolare osservazione, nella produzione del vapore acqueo in un vase aperto ed esposto liberamente all'aria, si è che, per quanto si aggiunga fuoco sotto il vase, non si può ottenere nel vapore svolgentesi tensione superiore ad un' atmosfera. D'altronde non vi sfugge

che, nell'intento di adoperare il vapore acqueo qual forza motrice, sarà necessario in molti casi poter profittare di una pressione maggiore di un'atmosfera. Ad ottener ciò si è fatto ricorso alla produzione del vapore acqueo dentro un vase ermeticamente *chiuso*, impedito così di comunicare coll'aria esteriore. Fermiamoci alquanto sui principali fatti di tal genere, dai quali apparirà come la forza elastica del vapore possa acquistare un valore molto superiore ad un'atmosfera. Mi limiterò ad esporvi i fatti, procurando di farveli intendere nei loro enunciati. Prendete un vase metallico a pareti assai robuste e ben saldato nelle varie sue parti, acciocchè possa resistere alla tensione del vapore che internamente si formerà, come vedremo, tensione che tenderà a disgregare il vase dal di dentro all'infuori. Riempitelo quasi interamente di acqua, e fermatevi sopra un coperchio pure metallico col mezzo di una *vite di pressione,* come solete praticare in quelle macchinette da caffè dette appunto *a pressione.* Fatto ciò, mettete fuoco sotto

la base del vaso. Fate attenzione ai principali effetti osservati dai Fisici in questo esperimento. Di mano in mano che l'acqua si riscalda, si forma il vapore in maggior copia e con maggiore rapidità che in un vase aperto, come quello del primo esperimento. Il vapore che continuamente si produce, impedito di uscire per l'aria, si accumula, si pigia nell' interno del vase, e va acquistando una tensione crescente col riscaldamento. Quando l'acqua è giunta ad un riscaldamento, o, come dicesi, da una *temperatura* corrispondente a quella che si richiede per la sua ebollizione all'aperto, la tensione del vapore raggiunge un'atmosfera. Continuando il riscaldamento, la tensione del vapore, a differenza del caso di un vase all'aperto, cresce oltre un' atmosfera: aggiungete che la tensione del vapore cresce molto più rapidamente della temperatura. Si sono costruite tavole, nelle quali si trovano calcolate in atmosfere le tensioni corrispondenti alle diverse temperature, superiori a quella richiesta per l'ebollizione all'aperto. La tensione del va-

pore può in tal guisa raggiungere il valore di due, tre, dieci e più atmosfere. Per darvi un'idea del rapido crescere della tensione colla temperatura, mi basta il dirvi che ad una temperatura doppia di quella che si richiede per la tensione di un'atmosfera il vapore acqueo acquista, conservando le predette condizioni, in luogo di una semplice tensione di due atmosfere, come forse vi parrebbe, un'altra di circa quindici atmosfere.

Eccovi per tal modo spiegato come il vapore acqueo possa assumere una enorme forza motrice, da potersi adoperare con molto vantaggio dell'industria. Tal forza si valuta in atmosfere; e voi avete sentito qual è il significato e la ragione di questa valutazione. Se volete concepire sensibilmente la enormità della tensione, per esempio, di 80 atmosfere, ricorrete di nuovo all'esempio che vi recai quando vi spiegai l'effetto della pressione atmosferica; e capirete che, quando il vapore acqueo ha la tensione di 80 atmosfere, sopra ogni metro quadrato di superficie che incontra

produce una pressione uguale a quella che vi produrrebbe un peso complessivo di circa 800 mila chilogrammi! Vedete adunque quanto grande può divenire la forza del vapore! Dopo ciò non vi recheranno più meraviglia i mirabili effetti che si ottengono colle macchine a vapore. Avuto riguardo ai vari usi cui son destinate, si distinguono, rispetto al grado di forza che richiedono, in macchine *a bassa*, *media* e *ad alta pressione*. Nelle prime la tensione del vapore è minore di una atmosfera e mezzo, nelle seconde non può soverchiare quattro atmosfere, nelle ultime supera quattro atmosfere. Dietro le cose dette vi è facile intendere siffatta distinzione.

Rispetto a questa stessa distinzione delle macchine a vapore, vo' prevenire alcune false idee che potrebbero sorgere nella mente di chi non ha ancor contratta un'abitudine nel dare il giusto significato alle scientifiche denominazioni. Se voi credeste che colle macchine ad alta pressione debbano sempre ottenersi maggiori effetti che colle macchine a media, e con queste mag-

giori effetti che colle ultime a bassa, cadreste in un grosso errore. Se ben vi rammentate, quand'io vi spiegai il valore della pressione di una o più atmosfere, vi feci travedere che l'effetto di tal pressione dipende simultaneamente e proporzionalmente dal *numero* di atmosfere e dalla estensione della *superficie* premuta. Con due distinte pressioni, l'una, per esempio, di 1 atmosfera e l'altra di 2, si eserciteranno certamente due sforzi od effetti, l'un de'quali sarà rispettivamente metà dell'altro, purchè le due superficie premute sieno uguali; anzi la pressione di 2 atmosfere eserciterà uno sforzo più che doppio di quello esercitato dalla pressione di 1, se inoltre la superficie corrispondente alla prima sarà maggiore di quella corrispondente alla seconda. Ma se la superficie premuta da 1 atmosfera è doppia di quella premuta da 2, allora si stabilisce un giusto compenso, e gli effetti debbono risultare uguali: inoltre se la prima superficie sarà più che doppia dell'altra, si sorpasserà il compenso in favore della pressione di 1 atmosfera, e con

quest'ultima si otterrà un effetto maggiore che coll'altra. Senza ch'io mi dilunghi in numerosi esempi, voi avete inteso che gli effetti finali dovuti a separati numeri di pressioni atmosferiche dipendono da una specie di compensazione tra i numeri stessi e le superficie premute. Ciò posto, in una macchina a vapore noi abbiamo la tensione del vapore, valutata in atmosfere, la quale certamente dovrà agire contro la superficie di qualche corpo facente parte della macchina. Dunque l'effetto della tensione del vapore dipenderà proporzionalmente nel tempo stesso e dal corrispondente numero di atmosfere e dall'estensione premuta. Dopo ciò non dee parervi strano che con una macchina a bassa pressione possano ottenersi effetti uguali e anche maggiori che con un'altra a media o ad alta. La citata distinzione fatta dai Meccanici sulle macchine a vapore è stata suggerita da altre ragioni, la cui esposizione uscirebbe dai limiti prefissi a questa lezione.

III.

Fin qui vi ho fatto vedere come il vapore acqueo possa acquistare una sorprendente tensione, e tale da potersi sostituire ne'suoi effetti con evidente vantaggio alle forze muscolari degli uomini e delle bestie. Però dalla conoscenza delle esposte proprietà del vapore a quella di utilizzare i suoi poderosi effetti a fini industriali corre una gran distanza. Proponiamoci pertanto di indagare primieramente in che proprio consista l'utilizzare la forza del vapore in una macchina. Una macchina risulta di un numero più o meno grande di parti complesse, o *organi,* concorrenti a formare un tutto in azione. La forza, per essere utilizzata, deve agire direttamente in uno di tali organi, e quindi trasmettersi successivamente agli altri, fino a che giunga all'organo o agli organi finali, nei quali s'effettui il movimento conducente ad uno scopo industriale. Nella carriuola la forza muscolare dell'uomo è applicata diretta-

mente alle due stanghe parallele, ed in ultimo vien trasmessa alla ruota. Col movimento di quest'ultima insieme allo spostamento di tutta la macchina si ottiene l'utile scopo di trasportar materiali con molta facilità, in confronto al doverli trasportare col farli direttamente strisciare sul terreno senza trasmissione di forza. Nella macchina dell'arrotino la forza muscolare dell'uomo agisce per mezzo del piede direttamente in una sbarra di legno, ed in fine vien trasmessa alla ruota, la quale gira attorno al proprio asse. Col moto finale della ruota si ottiene l'intento di assottigliare assai facilmente una lama: se la lama si facesse direttamente scorrere colla mano, senza trasmissione di forza, sopra una pietra, si otterrebbe l'intento con minore facilità. Da queste considerazioni segue che l'utilità di una macchina è riposta nella successiva trasmissione della forza, per guisa che il moto degli ultimi organi porti con sè un vantaggio. Ecco dunque in che dovrà generalmente consistere l'utilizzare la forza del vapore in una mac-

china. In questo caso, oltre al vantaggio comune alle macchine mosse da forze muscolari, vi sarà l'altro consistente nel surrogare a queste la forza del vapore. E qui, perchè comprendiate ancor più da vicino in che consista il trarre utile partito dalla forza del vapore in una macchina, credo opportuno di chiamare la vostra attenzione alle più comuni qualità di movimento che son destinati ad acquistare, a seconda de'vari scopi, gli organi meccanici che in ultimo sono messi in movimento nelle macchine. Son tre. Un organo meccanico può muoversi rettilineamente senza tornar mai indietro prima di produrre il suo effetto: allora avete il moto *rettilineo continuo*. Ne avete un esempio nella pialla, che il falegname fa scorrere sopra una tavola per levigarla. In secondo luogo un organo può muoversi rettilineamente in giù e in sù, in *va e vieni*, calcando sempre la medesima via in sensi contrari: tal moto dicesi *rettilineo alternativo*. Ne avete il corrispondente esempio in una macchinetta comune semplicissima, nel mortaio. Il pestello è

l'organo che con moto di va e vieni tra il mortaio e la mano, mercè la forza muscolare impressa da questa, ad ogni andata produce una contusione nella sostanza da pestarsi. In terzo luogo un organo può girare attorno un proprio asse senza tornar mai indietro prima della produzione dell'effetto: e questo è il moto *circolare continuo*. L'osservate nella ruota che l'arrotino fa girare per assottigliare una lama di coltello. Finalmente un organo può muoversi di moto *circolare alternativo*, girando alternativamamante verso bande opposte e calcando sempre la medesima via. È animato da tal movimento il pendolo di un orologio. In alcune macchine gli organi hanno un movimento *misto*, risultante, a cagion d'esempio, del rettilineo continuo e del circolare continuo. Potete osservarlo nelle ruote di una carrozza, di una locomotiva ferroviaria e di un battello: in questi tre esempi ciascuna ruota, mentre gira sempre nello stesso verso attorno al proprio asse, si avanza rettilineamente e sempre nello stesso senso o sulla strada ordinaria, o sulle rotaie, o sull'acqua. Molte

altre qualità di movimento possono darsi, e si danno in alcune macchine; ma io ho voluto porvi sott'occhio quelle soltanto che in ultimo hanno luogo nelle macchine destinate a produrre gli ordinari effetti. Poste tali considerazioni, voi vedete che impiegare la forza elastica del vapore come forza motrice in una macchina significa ritrovare un cotal meccanismo pel quale il vapore, producendovisi e propagandovisi, determini in fine uno di quei quattro movimenti od un movimento misto, a seconda dell' uso cui la macchina è destinata. E siccome la Meccanica ha trovato il mezzo col quale, dato un qualunque degli stessi movimenti, può trasformarsi, per altri organi meccanici, in un movimento della stessa qualità o in un qualunque degli altri, così capirete che il principio meccanico fondamentale dei motori a vapore dev'essere riposto nella produzione di uno di quei movimenti per mezzo della forza elastica del vapore, e nella corrispondente applicazione diretta a qualche fine industriale. Tutto il resto di una macchina a vapore, anche delle più

moderne, consiste in miglioramenti apportati e apportabili, acciocchè la macchina risponda sempre meglio e con crescente vantaggio agli usi industriali. Con queste riflessioni io intendo di porvi innanzi tre punti di vista indispensabili sotto cui voi dovete riguardare una macchina a vapore: il primo comprende la *tensione* del vapore astrattamente considerata; il secondo il *principio meccanico*, mediante il quale il vapore si fa divenire vero motore industriale; il terzo lo svolgimento di tal principio nelle attuali macchine. E perchè questi principali passaggi sieno da voi ben fissati ed apprezzati, mi propongo di connettervelì con corrispondenti *cenni storici*. Non crediate però con questo che io intenda presentarvi l'intera storia delle macchine a vapore: sarebbe opera lunga, laboriosa, in parte anche vana, e fuori dei limiti di questa conferenza. Vo' soltanto mettervi innanzi collegati i principali fatti storici relativi alle tre epoche, che rispondono ai tre punti di vista sui quali poco fa portai la vostra attenzione (1).

(1) In questi cenni storici ho prese per guida le notizie che in proposito furono pubblicate da Arago nell'*Annuaire du Bureau des longitudes*.

Alcune delle esposte proprietà del vapore acqueo manifestanti la sua tensione erano conosciute fino dalla più remota antichità. Sin da 200 anni avanti Cristo Erone, Fisico Alessandrino, mostrava la forza espansiva del vapore acqueo, applicandola unicamente alla produzione di alcuni giocherelli. E tra questi la così detta *eolipila* di Erone sembra essere stato il primo esempio dell'impiego del vapore come forza motrice. Consiste sostanzialmente in una palla metallica cava girevole attorno ad un suo diametro orizzontale e munita di due tubi affilati ricurvi in sensi contrari, comunicanti colla cavità della palla e nascenti alle estremità di un altro diametro per-

Eolipila di Erone (1)

(1) Questa figura rappresenta la stessa Eolipila descritta da Erone nel suo Trattato intitolato *Spiritalia*. AB

pe:dicolare al primo. Riempiuta d'acqua la palla, mediante apposito congegno, e riscaldando l'acqua, si osserva che il vapore acqueo nell'uscire dai due becchi allo stato vescicolare imprime alla palla un moto giratorio crescente e in senso contrario all'uscita del vapore. La contrarietà del movimento della palla all'egresso del vapore è un fenomeno di cui molto facilmente posso darvi la spiegazione. Se i due becchi fossero chiusi, per modo che il vapore svolgentesi non potesse aver esito dalla palla, è certo che il vapore in ciascun tubo eserciterebbe due pressioni uguali ed opposte dall'interno all'esterno, l'una contro il gomito e l'altra contro la chiusura del becco.

è una pentola riempiuta d'acqua, chiusa dal coperchio CD, ed esposta al fuoco. Il coperchio è forato in E per lasciar passare il tubo a gomito EFG, il cui estremo G penetra nella sfera cava HK. Di fronte al luogo in cui il tubo penetra entro la sfera trovasi esteriormente un perno orizzontale intorno a cui la sfera è girevole: il perno, la cui punta aguzza è visibile nella figura, è portato dal gambo ML saldato al coperchio CD. Dalla sfera partono i due tubetti H e K nella direzione d'un diametro, ripiegati a gomito in sensi contrari. Riscaldata la pentola, il vapore acqueo che si svolge sale nel tubo EFG, passa da questo nella sfera, ed uscendo pei tubi a gomito farà girare la sfera, in senso contrario all'egresso del vapore.

Queste pressioni si distruggerebbero separatamente in ciascun tubo; i due tubi, e conseguentemente la palla, non potrebbero concepire movimento. Ma se i becchi, com'è nel caso nostro, sono aperti; allora, non potendo aver effetto le due pressioni ai becchi, perchè il vapore ha libera l'uscita, sortiranno l'effetto loro le due altre pressioni ai gomiti, le quali, per esser gli stessi gomiti disposti inversamente, cospireranno a farli girare nello stesso verso, e perciò in verso contrario all'egresso del vapore dai becchi: ugualmente dovrà girare l'intera palla. Se anche qui, per maggior chiarezza, volete un raffronto con uno dei fenomeni comuni della vita; immaginate che due persone di ugual forza muscolare tirino in sensi opposti una corda, tenendola pe'due capi. Se la corda sarà abbastanza tenace, le due persone non riusciranno a romperla nè a trasportarla verso una qualunque delle due parti opposte; e durante lo sforzo i due operatori rimarranno immobili. Ma se l'un de'capi sarà alquanto cedevole, dopo qualche sforzo si staccherà,

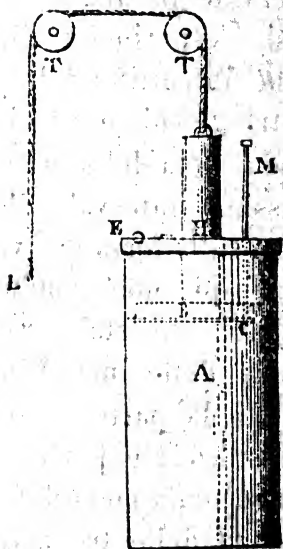
e così non farà più parte della corda; intanto la persona che teneva l'altro capo cadrà trasportando nel suo moto giratorio la corda, e l'altra persona cadrà sola in senso contrario separandosi dal sistema in moto. È simile a questo il fenomeno che ad ogni istante si riproduce in ciascun tubo dell'eolip'la per effetto del vapore: donde deve seguire il moto giratorio di questa in senso contrario all'uscita del vapore.

Eccovi così il primo fatto semplicissimo constatante la forza del vapore, noto, come v'ho detto, sin da 200 anni prima di Cristo. Potrebbe sembrarvi che tal fatto sin d'allora avesse dovuto menare alla invenzione delle macchine a vapore: invece rimase quasi del tutto sterile per la serie di secoli da Erone sin presso a noi. Riflettete che c'è gran distanza tra lo scoprimento di un fatto e la sua trasformazione in un principio di utile applicazione. Siffatta condizione dell'ingegno umano vi è solennemente rivelata dagli annali di tutte le scienze. Certo è d'altronde che l'eolipila

di Erone, sebbene, confrontata con una delle moderne macchine a vapore, non presenti niente con esse di comune, e nemmeno possa ritenersene un primo abozzo, pure, seguendo tutte le tracce storiche, essa ci si presenta come il primo *germe* delle dette macchine. Infatti coll'eolipila di Erone si mise per la prima volta in evidenza la forza del vapore, mediante la quale si produsse il moto circolare continuo. E a questo proposito non dee recarvi meraviglia che una poderosa macchina a vapore, tanto complicata nella sua struttura, debba la sua prima origine al giocherello di Erone. Ritenete per massima generale che la natura in qualunque ordine di cose *non procede mai per salti*. Consultando la storia delle grandi scoperte, vedrete che non s'è mai dato il caso di una solenne invenzione balzata fuori direttamente da un genio, benchè potente; che anzi, il più delle volte, da una semplice osservazione di fatto ebbe origine una grande scoperta, come si riscontra nella storia delle macchine a vapore. I telegrafi, macchine portentose che

tanto vi sorprendono co' loro meravigliosi ed utili effetti, hanno nascita oscurissima, e precisamente dal fatto delle contrazioni osservate in una rana scorticata. Come vi dissi, l'esperimento di Erone rimase pressochè infruttifero da quell'età fin quasi ai nostri giorni, e precisamente fino alla seconda metà del secolo XVII. In questo lunghissimo intervallo le ricerche fatte dai Fisici sulla forza del vapore, utilissime per altri capi, non condussero a risultamenti decisivi, che stabilissero il principio meccanico delle macchine a vapore. Lascio quindi da parte i corrispondenti particolari storici; e porterò la vostra attenzione alla seconda metà del secolo XVII, cioè alla seconda delle tre principali epoche.

Del vero *principio meccanico*, quale io vi feci intendere, delle macchine a vapore siamo debitori a Dionigi Papin, francese di nascita. Questi nel 1668 pubblicò il suo esperimento, che ora vi farò conoscere descrivendovi prima le varie parti dell' apparecchio. Consiste questo in un lungo recipiente cilindrico di metallo (A),

detto *corpo di pompa* o *di tromba*, dentro cui può scorrere con moto rettilineo alternativo un pezzo cilindrico massiccio, detto *stantuffo*, *pistone*, *embolo*, (B) il quale porta superiormente nel suo centro un'asta o *gambo* (H). Lo stantuffo deve potere scorrere, come dicesi, *a sfregamento dolce e a tenuta d'aria*, cioè deve combaciare in tutti i suoi punti coi corrispondenti del corpo di tromba, e deve essere perfettamente levigato per potere scorrere con facilità; al quale ultimo intento si suole olearlo all' intorno. Essendo così disposti lo stantuffo e il corpo di tromba si è sicuri che tra essi non potrà mai aver passaggio nè aria nè vapore. Si versa un po' d'acqua nel corpo di tromba, e quindi

Apparecchio di Papin

vi si spinge lo stantuffo fino a che si trovi a contatto colla superficie libera dell'acqua. Per impedire che lo stantuffo nel discendere condensi l'aria del corpo di tromba, si è praticata in quello una piccola cavità (C), che si lascia aperta durante la discesa. Al discendere dello stantuffo l'aria sottostante, invece di comprimersi, scappa in alto per la cavità. Giunto lo stantuffo a combaciamento colla superficie libera dell'acqua, si serra ermeticamente l' indicata cavità mediante un' astina metallica (M). Ciò fatto, siamo sicuri che nel corpo di tromba tra lo stantuffo e l'acqua non v'è aria. Si riscalda l'acqua. Ben presto la tensione del vapore soverchierà la forza complessiva esercitata dal peso dello stantuffo, dalla sua aderenza colle pareti interne del corpo di tromba, e dalla pressione atmosferica sulla faccia superiore del medesimo stantuffo. Allora col rimanente di forza il vapore lo caccerà in su; e quando sarà vicino all' apertura del corpo di tromba, per impedire che ne venga cacciato fuori, sarà arrestato per mezzo di una linguetta (E), che si in-

troduce all' uopo in una piccola incavatura praticata nel gambo. Giunto lo stantuffo al più alto della sua corsa, si sottrae il fuoco, e si rinfresca esteriormente con acqua fredda la parte inferiore del corpo di tromba. Il vapore acqueo si condenserà, passando a poco a poco allo stato liquido, e al di sotto dello stantuffo l' acqua sarà ridotta allo stesso volume che aveva prima dell'esperimento. Lo spazio compreso tra la superficie libera dell' acqua e la base dello stantuffo sarà vuoto, mercè la conservata chiusura della piccola cavità laterale dello stantuffo e l' esser questo a tenuta d'aria col corpo di tromba.

La pressione atmosferica sulla faccia superiore dello stantuffo, unita al peso di questo, non trovando verun contrasto nella capacità inferiore del corpo di tromba, vincerà facilmente l' aderenza dello stantuffo colle pareti interne dello stesso corpo di tromba, e lo farà discendere sino a che colla sua base si ritroverà di nuovo a contatto dell' acqua. Ripetendo nel modo stesso lo esperimento quante volte si vorrà, si ri-

produrrà sempre la stessa serie di fenomeni; e così lo stantuffo concepirà dentro il corpo di tromba un moto rettilineo alternativo.

Vedete pertanto che Dionigi Papin, combinando la forza elastica del vapore colla pressione atmosferica, giunse a produrre il moto rettilineo alternativo, cioè la seconda di quelle tre specie di movimento delle quali io vi parlava. Inoltre l' apparecchio di Papin (a differenza dell'eolipila di Erone, la quale non serve che a mettere in evidenza la forza del vapore) può applicarsi utilmente ad un fine industriale. Difatti supponete che alla *testa* del gambo sia raccomandata una fune, all'estremo (L) della quale sia fissato un peso da sollevarsi, e che la fune passi per le scanalature di due rotelle (T,T) fissate in alto con appositi congegni. Coll'apparecchio di Papin si potrebbe così sollevare il predetto peso quando lo stantuffo discende. Dunque l' invenzione di Papin soddisfa alle richieste due condizioni per costituire il principio meccanico fondamentale delle macchine a vapore.

Poco dopo l'invenzione di Papin il capitano inglese Savary costrui la prima macchina a vapore di uso pratico, che si fece servire per molti anni ad estrarre l'acqua dalle miniere di carbon fossile. La macchina di Savary differiva dall'apparecchio di Papin per l'aggiunta di alcuni semplici congegni, i quali meglio attuavano il principio del primo, e rendevano più pronta la produzione dell'effetto. Dalle scoperte di Papin e Savary trasse ben tosto partito l'inglese Newcomen, il quale riuscì a costruire una macchina a vapore molto più utile, destinata parimenti ad estrar l'acqua dalle miniere. La macchina di Newcomen con pochi miglioramenti viene tuttora adoperata allo stesso scopo, ed è conosciuta sotto il nome di *macchina a vapore atmosferica;* denominazione desunta da ciò, che il vapore agisce contro la sola base dello stantuffo per farlo salire, e l'atmosfera preme contro la faccia superiore per farlo discendere, come accadeva nell'apparecchio di Papin. La macchina di Newcomen fu quella che con miglioramenti arrecatile

da altri Fisici si adoperò esclusivamente sino all'epoca delle ulteriori scoperte fatte dal Meccanico scozzese Giacomo Watt verso il declinare del secolo XVIII.

Entriamo adunque nella terza delle tre principali epoche. Essa è l'epoca delle *moderne* macchine a vapore, e comprende le scoperte fatte dalla fine del secolo XVIII sino ai nostri giorni. Fra le varie scoperte quella che veramente caratterizzò l'epoca nostra fu la macchina *a doppio effetto* costruita da Giacomo Watt verso il 1770. In essa il vapore si faceva arrivare alternativamente sotto e sopra lo stantuffo; con che si ottenevano effetti assai più poderosi ed utili di quelli dovuti alle macchine *ad effetto semplice*, nelle quali ultime il vapore si faceva agire contro una sola faccia dello stantuffo. Le macchine a doppio effetto ricevettero anch'esse per opera dei Meccanici posteriori notevoli miglioramenti, i quali han dato luogo ai vari sistemi di macchine a vapore, secondo i vari usi cui son destinate.

Sino al 1775 le macchine a vapore adoperate erano le sole fisse, che servivano

negli stabilimenti industriali. Fu in quel-l'anno che Perier, Meccanico francese, tentò di applicare la forza elastica del vapore al movimento di un battello, col quale però s'istituirono unicamente delle esperienze. Nel 1781 il francese Jouffroy stabilì sulla Saona un battello a vapore, il quale navigò per qualche tempo. Ma il primo battello a vapore, il quale potè venire usato con sicurezza, comparve nel 1870, costruito dal Meccanico americano Fulton a New-York, e fu fatto servire al trasporto di viaggiatori e di merci. Da quel-l'epoca in poi sino ai nostri giorni anche le macchine per la navigazione hanno fatto rapidi progressi, dando luogo a vari sistemi di battelli a vapore, secondo il vario uso.

Ad un'epoca ancor più recente è dovuta l'invenzione delle locomotive da strade ferrate. Veramente i primi tentativi di costruzione di vetture mosse dal vapore rimontano al 1769. In quell'epoca l'ingegnere francese Cugnot costruì una vettura a vapore destinata a percorrere le strade

comuni. Gli esperimenti fatti con essa ebbero sufficiente buon esito, dacchè il vapore la sospingeva sopra il terreno, facendole percorrere circa 4 chilometri all' ora; ma siffatto moto non potea mantenersi se non per pochissimo tempo. Furono sciolte tutte le difficoltà nel modo il più felice dal Seguin nel 1828. Da tal epoca sino ad oggi anche le locomotive ferroviarie hanno ottenuto, grazie specialmente al genio inventivo di Giorgio Stephenson, notevoli miglioramenti, e han dato luogo, a seconda de' vari usi, vari sistemi di costruzione.

IV.

Riassumo e chiudo. Perchè le notizie da voi acquistate in questa lezione vi rimangano impresse nello stesso ordine col quale io mi son adoperato a presentarvele, reputo utile, prima di chiudere la conferenza, di riprendere rapidamente il filo logico delle cose spiegate, il quale potrà somministrarvi una idea complessa ed ele-

mentare delle nozioni scientifiche sulle quali riposano le macchine a vapore. Ugualmente mi regolerò, per le stesse ragioni, in ciascuna delle successive letture.

Nell'aprire con voi questo Corso di letture popolari fisico-meccaniche, dopo avervi fatto conoscere la qualità e lo scopo loro in genere, vi giustificai la scelta dell'odierno argomento sul vapore considerato come motore industriale. Dovetti muovere dal farvi conoscere le condizioni fisiche nelle quali il vapore acqueo si sviluppa ed acquista una crescente tensione. Distinguemmo due casi; quello di un vase aperto, e l'altro di un vase chiuso. Nel primo la tensione del vapore cresce col riscaldamento dell'acqua, ma non può oltrepassare un'atmosfera, valore che acquista al momento della ebollizione dell'acqua, e conserva per tutta la durata del fenomeno; nel secondo caso la tensione del vapore può acquistare un valore molto superiore ad un'atmosfera, e divenire enorme. Data una giusta idea del vapore come forza motrice, vi posi sott'occhio i tre punti sotto i quali dovete

riguardare una macchina a vapore, cioè la tensione del vapore, il principio meccanico dei motori a vapore, e il suo svolgimento nelle moderne macchine. Vi connessi storicamente questi tre punti, tracciandovi la storia delle macchine a vapore, divisa in tre principali epoche. La prima epoca si estende da 200 anni avanti Cristo sino alla seconda metà del secolo XVII. In questo lunghissimo intervallo si racchiusero le principali cognizioni sulla tensione del vapore risguardanti il primo di quei tre punti sotto i quali dee contemplarsi una macchina a vapore. In questa prima epoca si gettò, a dir così, il primo germe delle macchine a vapore nella eolipila di Erone Alessandrino. La seconda epoca si estende dalla fine del secolo XVII sino al declinare del secolo XVIII. In essa si fissò nel 1688, per opera del francese Dionigi Papin, il principio meccanico delle macchine a vapore colla produzione del moto rettilineo alternativo per mezzo della tensione del vapore e colle corrispondenti applicazioni industriali; e questo è il secondo di quei tre punti. La terza epoca

finalmente è quella dei moderni. Risguarda il terzo punto, cioè la continua esplicazione ed attuazione del ritrovato di Papin. Ebbe principio dallo scozzese Giacomo Watt alla fine del secolo XVIII colla invenzione delle macchine a doppio effetto. In seguito a questa invenzione i miglioramenti delle macchine a vapore si successero rapidamente sino ai nostri giorni per opera di altri illustri Fisici e Meccanici.

In questa prima lezione siete venuti in cognizione dei principii fisico-meccanici sui quali si fondano tutte le macchine a vapore, quali che sieno i loro usi. Le moderne macchine a vapore convengono sostanzialmente, nella loro più o men complicata struttura, in un *meccanismo tipico fondamentale*; e quindi nel congedarmi per oggi da voi vi annuncio che l' argomento della prossima lezione sarà *la macchina a vapore* considerata nel suo organismo fondamentale. Queste due prime letture vi prepareranno la chiara intelligenza delle tre seguenti, nelle quali si tratterà delle notizie speciali sulle macchine a vapore.

Così mi auguro di completarvi lo studio teorico-pratico di tali macchine, che costituisce uno dei più importanti rami della Meccanica applicata.

I Dirett. della *Scienza del Popolo* Editore
F. GRISPIGNI, L. TREVELLINI E. TREVES
IN FIRENZE MILANO.

Alfabeto Stenografico

Vocali

a e i o u

Consonanti

b, c, ch, d, f, g, gh

l, gli, m, n, gn, p, r

s, t, v, z, sc, sp

Vocali medie